

PROCEDE ET DISPOSITIF D'IMAGERIE MAGNETO-OPTIQUE

L'invention concerne le domaine des procédés et des dispositifs d'imagerie magnéto-optique.

5 Plus particulièrement, l'invention concerne un procédé d'imagerie magnéto-optique comprenant :

- le positionnement, à proximité d'un matériau cible, d'une face sensiblement plane d'un matériau actif magnétique adapté pour engendrer une rotation Faraday dans
10 un faisceau lumineux polarisé,
- la génération d'un champ magnétique excitateur de pulsation ω dans le matériau cible,
- la projection d'un faisceau incident lumineux polarisé, à travers le matériau actif, vers le matériau
15 cible,
- la détection, grâce à des moyens photo-détecteurs, d'un faisceau réfléchi correspondant à la réflexion sur une surface réfléchissante située entre le matériau actif et le matériau cible, et
- 20 - l'observation de l'angle de la rotation Faraday dans le faisceau réfléchi, par rapport au faisceau incident, créée, dans le matériau actif, par un champ magnétique de perturbation, engendré par le matériau cible.

On connaît déjà, notamment, grâce aux documents
25 US 4 625 167, US 4 755 752, US 5 053 704 et US 5 446 378, de tels procédés, ainsi que des appareils magnéto-optiques mettant en œuvre de tels procédés.

De tels procédés et dispositifs sont généralement utilisés, mais pas exclusivement, pour faire du contrôle non
30 destructif par courant de Foucault. Ils allient l'utilisation des courants de Foucault et de l'effet

Faraday. Ils permettent de détecter des défauts, tels que des fissures aux pieds de rivets ou de la corrosion, présents dans une cible conductrice. Ils trouvent des applications notamment en aéronautique et dans le nucléaire.

5 Cependant, les procédés et dispositifs connus ne permettent qu'une caractérisation qualitative de défaut. Les images obtenues sont binaires.

10 Un but de l'invention est de fournir un procédé et un dispositif d'imagerie magnéto-optique permettant une caractérisation quantitative des défauts.

 Pour cheminer vers ce but, l'invention fournit en particulier un procédé qui, outre les caractéristiques déjà mentionnées, est caractérisé par le fait que :

15 - la rotation Faraday du matériau actif est sensiblement proportionnelle à son aimantation magnétique lorsqu'il est soumis à un champ magnétique de perturbation, perpendiculaire à ladite face et variant dans une plage minimale s'entendant entre sensiblement -1 Oersteds et sensiblement +1 Oersteds, et que

20 - l'on détermine, à partir de la valeur de l'angle de la rotation Faraday, la valeur de l'aimantation du matériau actif, sous l'effet du champ magnétique de perturbation.

25 Grâce à l'invention, et en particulier grâce à l'utilisation d'un matériau actif dont la rotation Faraday est proportionnelle au champ dans lequel il baigne, il est possible de déterminer, à partir d'une intensité lumineuse locale, la valeur, en module et en phase, du champ magnétique de perturbation caractéristique dus aux défauts
30 dans le matériau cible. On peut ainsi accéder, en temps réel, à une cartographie du matériau cible caractérisant précisément les défauts (profondeur de corrosion, dimension

des fissures, etc.), notamment lorsque l'on associe le procédé selon l'invention avec une modélisation des moyens de génération du champ magnétique excitateur.

Le procédé selon l'invention peut comporter en outre, l'une et/ou l'autre des dispositions suivantes :

- le champ magnétique excitateur est généré grâce à un inducteur alimenté par un courant excitateur variable ;
- il comprend une mesure, par détection synchrone, de la variation de la phase du champ magnétique de perturbation par rapport à celle du courant excitateur ;
- l'amplitude du champ magnétique de perturbation est mesurée à partir de l'intensité lumineuse du faisceau réfléchi ;
- le faisceau incident est modulé en amplitude à la même fréquence que celle du champ excitateur.

Selon un autre aspect, l'invention concerne un dispositif d'imagerie magnéto-optique, pour former une image d'un matériau cible, ce dispositif comprenant :

- un matériau actif, comportant une face sensiblement plane, magnétique et adapté pour engendrer une rotation Faraday dans un faisceau lumineux polarisé,
- des moyens générateurs d'un champ magnétique excitateur de pulsation ω dans le matériau actif et dans le matériau cible lorsque le dispositif d'imagerie est disposé à proximité de ce matériau cible,
- une source lumineuse pour projeter un faisceau incident lumineux polarisé, à travers le matériau actif, vers le matériau cible, lorsque le dispositif d'imagerie est disposé à proximité de ce matériau cible,
- des moyens photo-détecteurs, pour détecter un faisceau réfléchi correspondant à la réflexion, après

traversée du matériau actif, du faisceau incident sur une surface réfléchissante, caractérisé par le fait que la rotation Faraday du matériau actif est sensiblement proportionnelle à son aimantation magnétique lorsqu'il est soumis à un champ magnétique de perturbation engendré dans le matériau cible, perpendiculaire à ladite face et variant dans une plage minimale s'entendant entre sensiblement -1 Oersteds et sensiblement +1 Oersteds.

10 Le dispositif selon l'invention peut comporter en outre, l'une et/ou l'autre des dispositions suivantes :

- il comporte un inducteur alimenté par un courant excitateur variable, pour générer le champ magnétique excitateur,

15 - il comporte des moyens de modulation du faisceau incident pour le moduler en amplitude à la même fréquence que celle du champ excitateur ; et

- il comprend des moyens de calcul pour déterminer, à partir de la valeur de l'angle de la rotation Faraday, la valeur de l'aimantation du matériau actif, sous l'effet d'un champ magnétique de perturbation engendré dans le matériau actif, par le matériau cible lorsque le dispositif d'imagerie est disposé à proximité de ce matériau cible.

20 Les caractéristiques ci-dessus ainsi que d'autres apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit d'un mode particulier d'exécution de l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif.

La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels :

30 - la figure 1 représente schématiquement en perspective un dispositif d'imagerie magnéto-optique conforme à la présente invention ;

- la figure 2 représente schématiquement le principe de modulation magnéto-optique du dispositif représenté sur la figure 1 ;

5 - la figure 3 représente le cycle d'aimantation du matériau actif entrant dans la constitution du dispositif représenté sur la figure 1 ;

10 - la figure 4 représente une image de la partie réelle de la composante du champ magnétique de perturbation divisée par l'intensité lumineuse moyenne, cette image ayant été réalisée avec un dispositif du type de celui représenté sur la figure 1 ; et

15 - la figure 5 représente une image de la partie imaginaire du champ magnétique de perturbation, divisée par l'intensité lumineuse moyenne, cette image ayant été réalisée avec un dispositif du type de celui représenté sur la figure 1.

20 Un exemple, non limitatif, de mode de réalisation du dispositif selon l'invention, est décrit ci-dessous en relation avec la figure 1. Dans cet exemple, le dispositif comporte :

- un boîtier 1 adapté pour être déplacé à la surface d'un matériau cible 2 que l'on souhaite analyser,
- un dispositif optique 3,
- des moyens générateurs de champ magnétique excitateur 5,
- 25 - des moyens photodétecteurs 7.

30 Plus précisément, le dispositif optique 3 comporte une source lumineuse 9, un polariseur 11 et un analyseur 13. Le polariseur 11 et l'analyseur 13 sont d'un type connu de l'homme du métier.

La source lumineuse 9 est par exemple constituée d'une diode électroluminescente. Des diodes de forte

luminosité sont disponibles dans le commerce pour des longueurs d'onde variées. On choisira par exemple un diode rouge de 10 mm de diamètre et de forte luminosité (référence TLRH190P de la société TOSHIBA).

5 Un matériau optiquement actif 15 est intercalé entre le polariseur 11 et l'analyseur 13, sur le chemin optique. Cet ensemble polariseur/matériau actif/analyseur constitue un modulateur de lumière magnéto-optique. Le principe de ce modulateur magnéto-optique est illustré par la figure 2. Le
10 polariseur 11 et l'analyseur 13 sont croisés avec un angle ν . Cet angle ν est avantageusement choisi entre 45 et 90 degrés. Le plan de polarisation tourne sous l'effet de la rotation Faraday d'un angle ρ .

 Le matériau optiquement actif 15 est par exemple un
15 grenat ferrimagnétique ayant un cycle d'aimantation doux, linéaire et avec peu d'hystérésis. Il s'agit par exemple d'un composé $(\text{GdPrBiTm})_3(\text{AlFe})_5\text{O}_{12}$ déposé en film de 5,9 μm d'épaisseur, par épitaxie en phase liquide à 768°C, sur un substrat de SGGG $[(\text{GdCa})_3(\text{GaMgZr})_5\text{O}_{12}]$ d'un pouce de
20 diamètre.

 Dans ce type de grenat, la direction de facile aimantation est normale au plan du film.

 Dans ce type de composé, les ions Bi^{3+} et Pr^{3+} permettent d'obtenir une forte rotation Faraday. En outre,
25 ils sont compatibles avec l'utilisation de longueurs d'onde correspondant aux couleurs proches du rouge. Avantageusement, les domaines magnétiques de ce type de grenat sont de petites dimensions devant la taille des pixels des moyens photodétecteurs 7, ce qui permet de
30 moyenner les contributions des domaines de direction d'aimantation opposées.

Comme représenté sur la figure 3, la courbe d'aimantation d'un tel grenat présente une partie sensiblement linéaire entre -100 Oersteds et +100 Oersteds environ. Enfin, on peut remarquer sur cette courbe que
5 l'hystérésis est négligeable et que, de manière très avantageuse, la pente, dans la partie linéaire, est supérieure à 1 degré/Am⁻¹.

L'une des faces du film de matériau actif 15 est recouverte d'une fine pellicule d'aluminium faisant office
10 de miroir et assurant ainsi une réflexion quasi-totale des rayons lumineux provenant de la source lumineuse 9.

Le matériau optiquement actif 15 est plongé dans un champ magnétique sinusoïdal de fréquence $f = \omega / 2\pi$, créé par les moyens générateurs de champ magnétique 5. La fréquence f
15 est par exemple de 100kHz.

Les moyens générateurs de champ magnétique 5 sont par exemple constitués d'une plaque inductrice 17 adaptée pour induire des courants de Foucault dans la cible 2 (voir figure 1). Cette plaque inductrice 17 est alimentée avec un
20 courant sinusoïdal I ayant une valeur efficace de 120A et une fréquence f de 100kHz. Cette plaque inductrice 17 est en cuivre. Elle fait sensiblement 350 μ m d'épaisseur et 8 par 8 centimètres de côté environ. Le champ magnétique produit par la plaque inductrice est d'environ 1kA/m. La plaque
25 inductrice 17 est parallèle au film de matériau actif 15. En réponse au champ excitateur produit par la plaque inductrice 17, en présence d'un défaut dans le matériau cible, on observe un champ de perturbation H_0 normal à la surface balayée avec la face du boîtier 1 parallèle à la plaque
30 inductrice 17.

Les moyens photodétecteurs 7 sont avantageusement constitués d'une matrice, plutôt que d'un capteur unique associé à un dispositif mécanique de balayage. Une caméra CCD analogique associée à une carte d'acquisition vidéo s'avère appropriée. Il s'agit par exemple du modèle XC-75CE de la société SONY. Elle possède en effet les avantages suivants :

- une résolution spatiale suffisante (qui peut même permettre de moyenner les valeurs de pixels voisins afin de minimiser le bruit),
- une simplicité de mise en œuvre et une facilité dans le traitement matriciel des données à partir d'un ordinateur,
- un coût relativement modeste, et
- un temps d'acquisition faible, comparé à des systèmes à multiplexage ou nécessitant les déplacements mécaniques.

De telles caméras CCD permettent l'acquisition d'une image toutes les 25 à 30 millisecondes.

Pour qu'il y ait compatibilité entre la période d'échantillonnage de cette caméra CCD et la fréquence f d'excitation du matériau actif, on module l'intensité lumineuse de la source lumineuse 9 par stroboscopie, en alimentant la source lumineuse 9 par des impulsions de tension. Dans une version homodyne du dispositif selon l'invention, les impulsions de tension ont une fréquence identique à celles du courant sinusoïdal I et sont de déphasage constant $n2\pi/N$ (où $n \in [0, N-1]$).

Alors, par des techniques de détection synchrone numérique, il est possible de déduire l'amplitude H_0 et la phase du champ magnétique de perturbation, par rapport à la

référence constituée par le courant sinusoïdal I alimentant la plaque inductrice 17.

En effet, si l'aimantation M , du matériau actif, est proportionnelle au champ magnétique de perturbation H_0 , on dispose d'une rotation Faraday de la forme :

$$\rho(H) = kH_0 \sin(\omega t).$$

L'intensité lumineuse détectée par la caméra CCD est alors proportionnelle à $\cos^2(v + \rho(H))$ et après simplification pour les faibles valeurs de ρ , on obtient une intensité lumineuse proportionnelle à $(1 + \cos 2v)/2 - kH_0 \sin 2v \sin(\omega t)$.

Il est ainsi possible de remonter à l'amplitude H_0 du champ de perturbation lié au défaut à caractériser.

Les figures 4 et 5 présentent des résultats obtenus pour une fissure débouchante mesurant 1 mm de large par 3 mm de long, dans une tôle d'aluminium, les courants inducteurs arrivant perpendiculairement à la plus grande dimension de cette fissure. Pour cette mesure, $I=120A$, $f=100kHz$ et $v=80^\circ$. Sur les figures 4 et 5, les dimensions de l'image sont exprimées en pixels. La cartographie des parties réelle et imaginaire de la composante du champ magnétique de perturbation sont représentées respectivement sur les figures 4 et 5. Celles-ci ont été divisées par l'intensité lumineuse moyenne afin de s'affranchir de l'éventuel éclairage non uniforme de la zone imagée du matériau cible, qui fait quelques centimètres carrés.

En associant ces résultats à une modélisation, par exemple par éléments finis en 3D, des moyens générateurs du champ magnétique excitateur 5, il est possible de caractériser précisément la fissure par ses dimensions.

Selon une variante du procédé et du dispositif selon l'invention tels que décrits ci-dessus, on réalise un

montage hétérodyne. Dans ce cas, les fréquences du courant I inducteur et de la source lumineuse sont légèrement différentes.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'imagerie magnéto-optique comprenant :

- le positionnement, à proximité d'un matériau cible (2), d'une face sensiblement plane, d'un matériau actif (15) magnétique adapté pour engendrer une rotation Faraday dans un faisceau lumineux polarisé,
- la génération d'un champ magnétique excitateur de pulsation ω dans le matériau cible (2),
- la projection d'un faisceau incident lumineux polarisé, à travers le matériau actif (15), vers le matériau cible (2),
- la détection, grâce à des moyens photo-détecteurs (7), d'un faisceau réfléchi correspondant à la réflexion sur une surface réfléchissante située entre le matériau actif (15) et le matériau cible (2), et
- l'observation de l'angle de la rotation Faraday dans le faisceau réfléchi, par rapport au faisceau incident, créée, dans le matériau actif (15), par un champ magnétique de perturbation engendré par le matériau cible (2),
caractérisé par le fait que :
 - la rotation Faraday du matériau actif (15) est sensiblement proportionnelle à son aimantation magnétique lorsqu'il est soumis à un champ magnétique de perturbation, perpendiculaire à ladite face et variant dans une plage minimale s'entendant entre sensiblement -1 Oersteds et sensiblement +1 Oersteds, et que
 - l'on détermine, à partir de la valeur de l'angle de la rotation Faraday, la valeur de l'aimantation du matériau actif (15), sous l'effet du champ magnétique de perturbation.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le champ magnétique excitateur est généré grâce à un inducteur (17) alimenté par un courant excitateur variable.

5 3. Procédé selon la revendication 2, comprenant une mesure, par détection synchrone, de la variation de la phase du champ magnétique de perturbation par rapport à celle du courant excitateur.

10 4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'amplitude du champ magnétique de perturbation est mesurée à partir de l'intensité lumineuse du faisceau réfléchi.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le faisceau incident est modulé en amplitude à la même fréquence que celle du champ excitateur.

15 6. Dispositif d'imagerie magnéto-optique, pour former une image d'un matériau cible (2), ce dispositif comprenant :

20 - un matériau actif (15), comportant une face sensiblement plane, magnétique et adapté pour engendrer une rotation Faraday dans un faisceau lumineux polarisé,

- des moyens générateurs d'un champ magnétique (5) excitateur de pulsation ω dans le matériau actif (15) et dans le matériau cible (2), lorsque le dispositif d'imagerie est disposé à proximité de ce matériau cible,

25 - une source lumineuse (9) pour projeter un faisceau incident lumineux polarisé, à travers le matériau actif (15), vers le matériau cible (2) lorsque le dispositif d'imagerie est disposé à proximité de ce matériau cible (2),

30 - des moyens photo-détecteurs (7), pour détecter un faisceau réfléchi correspondant à la réflexion, après

traversée du matériau actif (15), du faisceau incident sur une surface réfléchissante, caractérisé par le fait que la rotation Faraday du matériau actif est sensiblement proportionnelle à son aimantation magnétique lorsqu'il est soumis à un champ magnétique de perturbation engendré par le matériau cible (2), perpendiculaire à ladite face et variant dans une plage minimale s'entendant entre sensiblement -1 Oersteds et sensiblement +1 Oersteds.

7. Dispositif selon la revendication 6, comportant :
- un inducteur (17) alimenté par un courant excitateur variable, pour générer le champ magnétique excitateur, et
 - des moyens de modulation du faisceau incident pour le moduler en amplitude à la même fréquence que celle du champ excitateur.

8. Dispositif selon l'une des revendications 6 et 7, comprenant des moyens de calcul pour déterminer, à partir de la valeur de l'angle de la rotation Faraday, la valeur de l'aimantation du matériau actif (15), sous l'effet d'un champ magnétique de perturbation engendré dans le matériau actif (15), par le matériau cible (2) lorsque le dispositif d'imagerie est disposé à proximité de ce matériau cible (2).

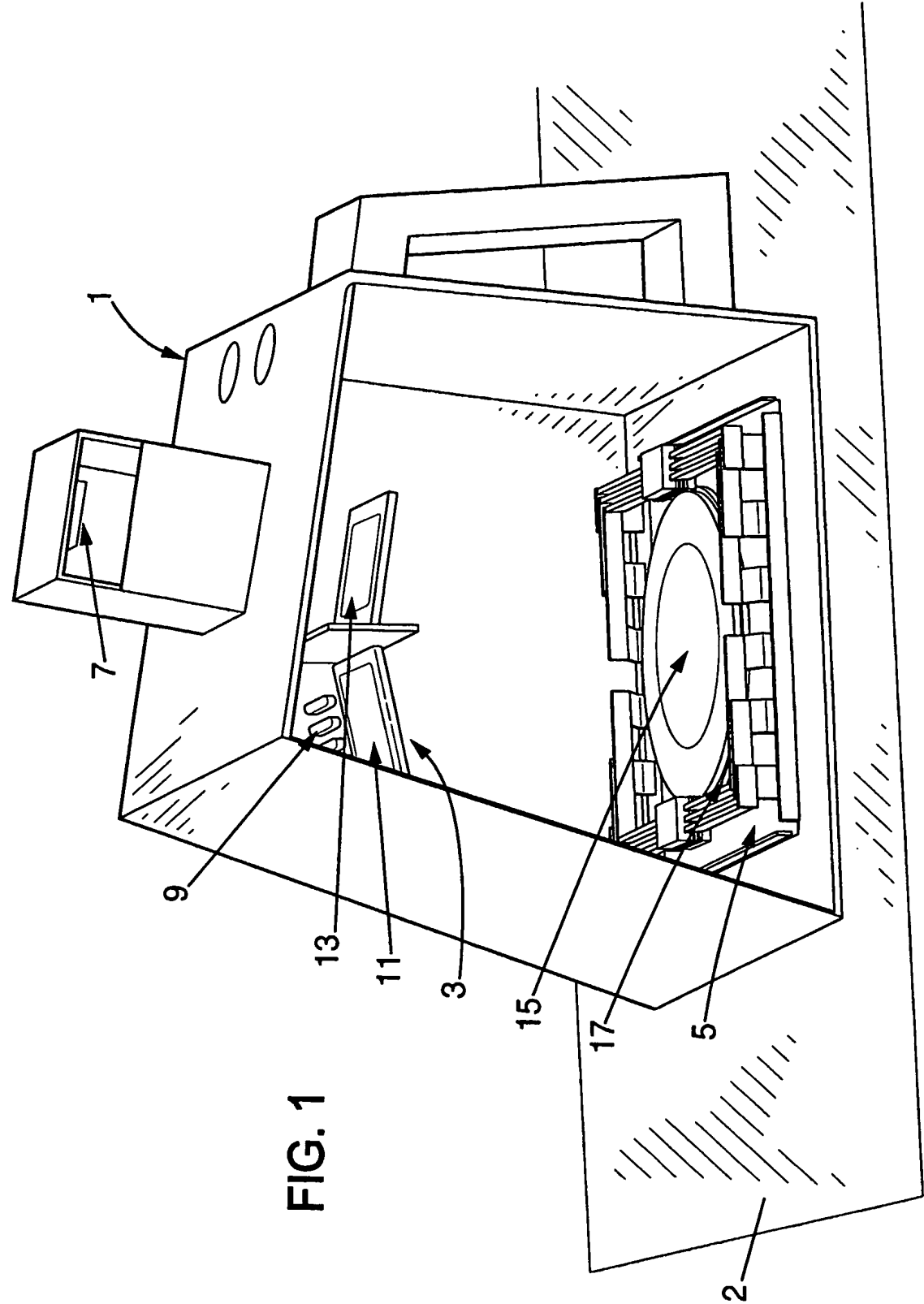


FIG. 1

2/3

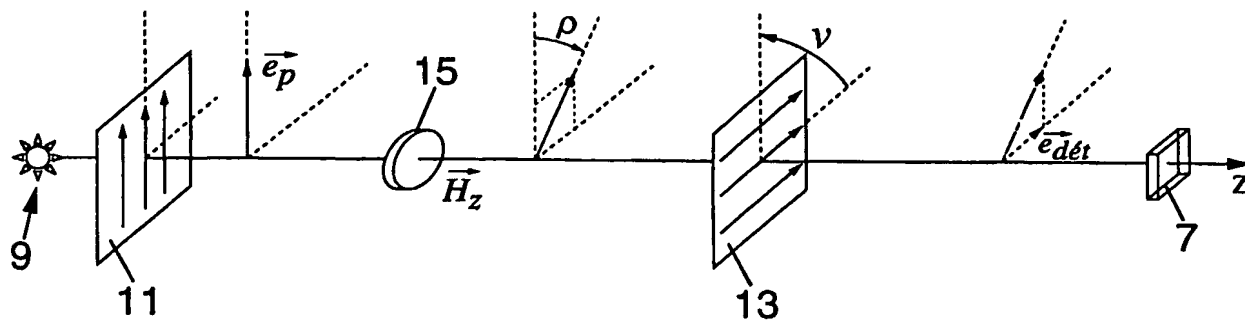


FIG. 2

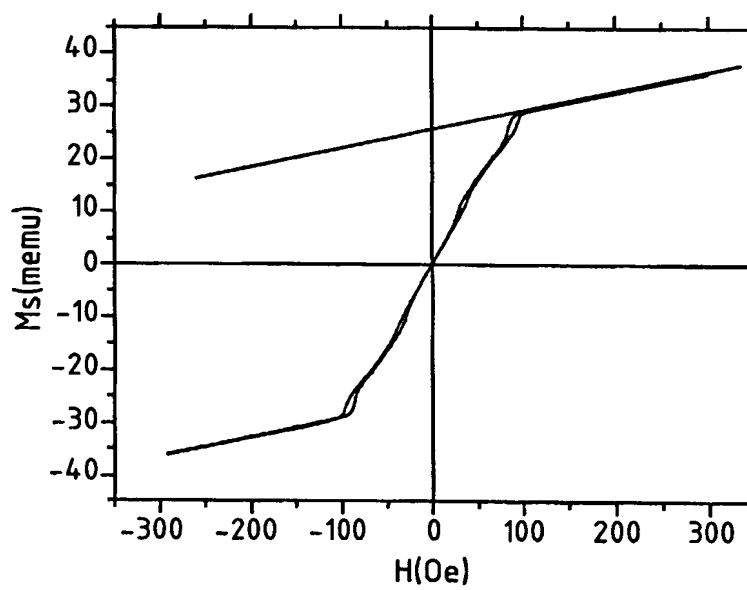


FIG. 3

3/3

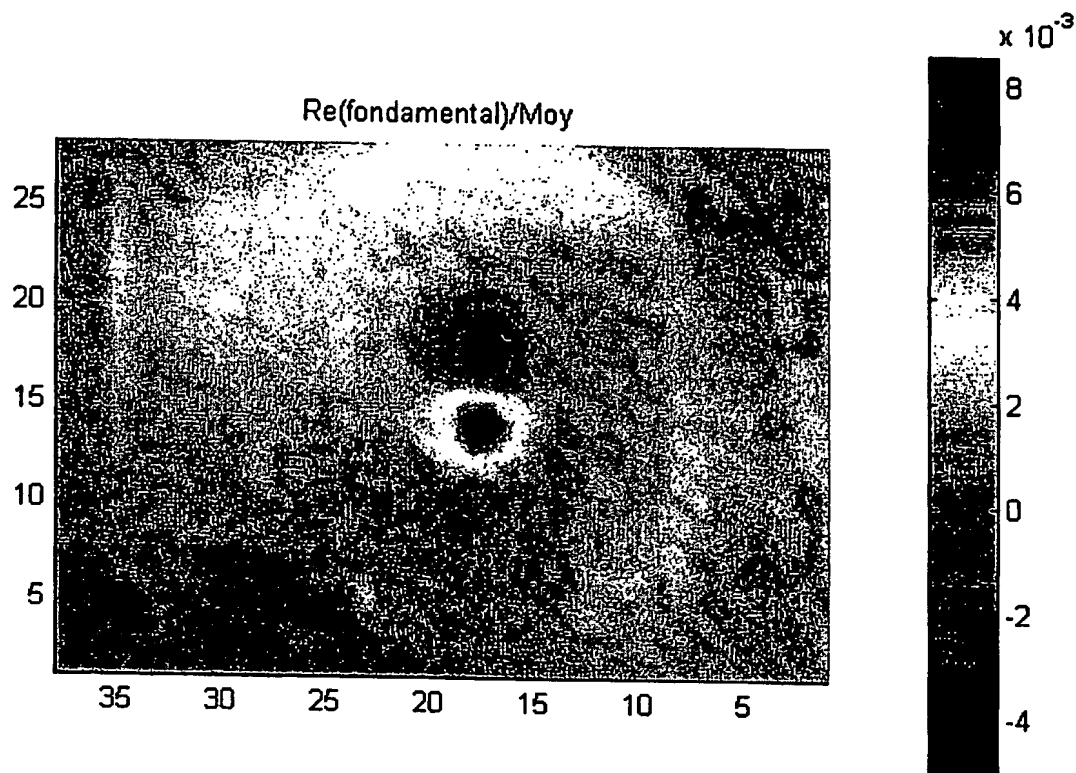


FIG. 4

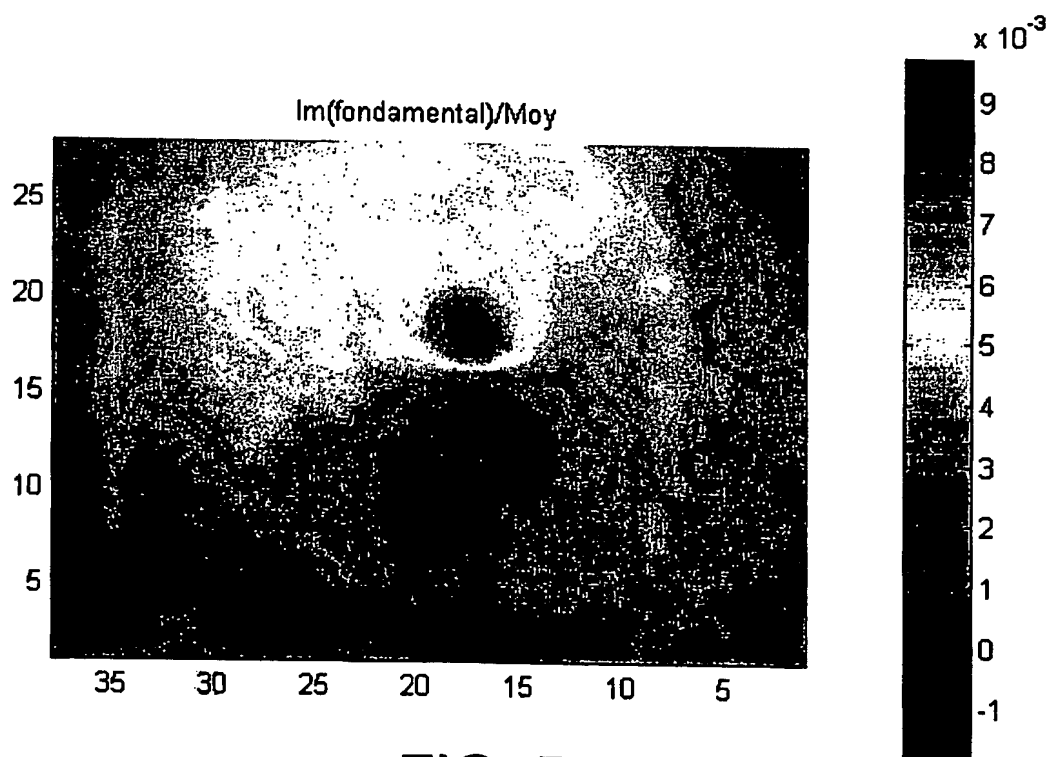


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/001602

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01N27/90 G01R33/032

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01N G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 053 704 A (FITZPATRICK GERALD L) 1 October 1991 (1991-10-01) cited in the application column 3, line 46 - column 4, line 53 column 7, line 49 - line 53 column 10, line 7 - line 15 column 10, line 49 - line 54 figures 1,2	1-8
Y	DE 40 21 359 A (SIEMENS AG) 9 January 1992 (1992-01-09) column 4, line 22 - column 5, line 3 column 5, line 61 - line 65 figures 2-4	1-8
	----- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 November 2004

Date of mailing of the international search report

25/11/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Verdoodt, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/001602

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0135, no. 17 (P-962), 20 November 1989 (1989-11-20) & JP 1 209356 A (MAAKUTETSUKU KK), 23 August 1989 (1989-08-23) abstract -----	1-8
A	US 4 896 103 A (SHIMANUKI SENJI ET AL) 23 January 1990 (1990-01-23) figure 8 -----	1,6
A	EP 0 510 621 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 28 October 1992 (1992-10-28) figure 8 -----	1,6
A	EP 0 351 171 A (NGK INSULATORS LTD) 17 January 1990 (1990-01-17) figure 8c -----	1,6
A	US 5 446 378 A (REICH STANLEY M ET AL) 29 August 1995 (1995-08-29) cited in the application the whole document -----	1,6
A	US 4 625 167 A (FITZPATRICK GERALD L) 25 November 1986 (1986-11-25) cited in the application the whole document -----	1,6
A	US 4 755 752 A (FITZPATRICK GERALD L) 5 July 1988 (1988-07-05) cited in the application the whole document -----	1,6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/FR2004/001602

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5053704	A	01-10-1991	WO 9217776 A1	15-10-1992
DE 4021359	A	09-01-1992	DE 4021359 A1	09-01-1992
JP 1209356	A	23-08-1989	NONE	
US 4896103	A	23-01-1990	DE 3687548 D1	04-03-1993
			DE 3687548 T2	19-05-1993
			EP 0208476 A2	14-01-1987
			JP 2031487 C	19-03-1996
			JP 7066044 B	19-07-1995
			JP 62188982 A	18-08-1987
EP 0510621	A	28-10-1992	JP 4324817 A	13-11-1992
			JP 7082164 B	06-09-1995
			DE 69226394 D1	03-09-1998
			DE 69226394 T2	11-03-1999
			EP 0510621 A2	28-10-1992
			KR 9700907 B1	21-01-1997
			US 5212446 A	18-05-1993
EP 0351171	A	17-01-1990	JP 1940339 C	09-06-1995
			JP 2021272 A	24-01-1990
			JP 6070651 B	07-09-1994
			DE 68905965 D1	19-05-1993
			DE 68905965 T2	07-10-1993
			EP 0351171 A2	17-01-1990
			US 4933629 A	12-06-1990
US 5446378	A	29-08-1995	NONE	
US 4625167	A	25-11-1986	DE 3423958 A1	17-01-1985
			FR 2548784 A1	11-01-1985
			GB 2143042 A , B	30-01-1985
			JP 1760149 C	20-05-1993
			JP 4046376 B	29-07-1992
			JP 60076650 A	01-05-1985
			US 4755752 A	05-07-1988
US 4755752	A	05-07-1988	US 4625167 A	25-11-1986
			DE 3423958 A1	17-01-1985
			FR 2548784 A1	11-01-1985
			GB 2143042 A , B	30-01-1985
			JP 1760149 C	20-05-1993
			JP 4046376 B	29-07-1992
			JP 60076650 A	01-05-1985

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G01N27/90 G01R33/032

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G01N G01R

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 5 053 704 A (FITZPATRICK GERALD L) 1 octobre 1991 (1991-10-01) cité dans la demande colonne 3, ligne 46 - colonne 4, ligne 53 colonne 7, ligne 49 - ligne 53 colonne 10, ligne 7 - ligne 15 colonne 10, ligne 49 - ligne 54 figures 1,2	1-8
Y	DE 40 21 359 A (SIEMENS AG) 9 janvier 1992 (1992-01-09) colonne 4, ligne 22 - colonne 5, ligne 3 colonne 5, ligne 61 - ligne 65 figures 2-4	1-8

-/--



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

A document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

E document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

L document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

O document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

P document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

* & * document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

9 novembre 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

25/11/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Verdoodt, E

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR2004/001602

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0135, no. 17 (P-962), 20 novembre 1989 (1989-11-20) & JP 1 209356 A (MAAKUTETSUKU KK), 23 août 1989 (1989-08-23) abrégé	1-8
A	----- US 4 896 103 A (SHIMANUKI SENJI ET AL) 23 janvier 1990 (1990-01-23) figure 8	1,6
A	----- EP 0 510 621 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 28 octobre 1992 (1992-10-28) figure 8	1,6
A	----- EP 0 351 171 A (NGK INSULATORS LTD) 17 janvier 1990 (1990-01-17) figure 8c	1,6
A	----- US 5 446 378 A (REICH STANLEY M ET AL) 29 août 1995 (1995-08-29) cité dans la demande le document en entier	1,6
A	----- US 4 625 167 A (FITZPATRICK GERALD L) 25 novembre 1986 (1986-11-25) cité dans la demande le document en entier	1,6
A	----- US 4 755 752 A (FITZPATRICK GERALD L) 5 juillet 1988 (1988-07-05) cité dans la demande le document en entier	1,6

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR2004/001602

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5053704	A	01-10-1991	WO 9217776 A1	15-10-1992
DE 4021359	A	09-01-1992	DE 4021359 A1	09-01-1992
JP 1209356	A	23-08-1989	AUCUN	
US 4896103	A	23-01-1990	DE 3687548 D1	04-03-1993
			DE 3687548 T2	19-05-1993
			EP 0208476 A2	14-01-1987
			JP 2031487 C	19-03-1996
			JP 7066044 B	19-07-1995
			JP 62188982 A	18-08-1987
EP 0510621	A	28-10-1992	JP 4324817 A	13-11-1992
			JP 7082164 B	06-09-1995
			DE 69226394 D1	03-09-1998
			DE 69226394 T2	11-03-1999
			EP 0510621 A2	28-10-1992
			KR 9700907 B1	21-01-1997
			US 5212446 A	18-05-1993
EP 0351171	A	17-01-1990	JP 1940339 C	09-06-1995
			JP 2021272 A	24-01-1990
			JP 6070651 B	07-09-1994
			DE 68905965 D1	19-05-1993
			DE 68905965 T2	07-10-1993
			EP 0351171 A2	17-01-1990
			US 4933629 A	12-06-1990
US 5446378	A	29-08-1995	AUCUN	
US 4625167	A	25-11-1986	DE 3423958 A1	17-01-1985
			FR 2548784 A1	11-01-1985
			GB 2143042 A ,B	30-01-1985
			JP 1760149 C	20-05-1993
			JP 4046376 B	29-07-1992
			JP 60076650 A	01-05-1985
			US 4755752 A	05-07-1988
US 4755752	A	05-07-1988	US 4625167 A	25-11-1986
			DE 3423958 A1	17-01-1985
			FR 2548784 A1	11-01-1985
			GB 2143042 A ,B	30-01-1985
			JP 1760149 C	20-05-1993
			JP 4046376 B	29-07-1992
			JP 60076650 A	01-05-1985